



Relatório Técnico

**Núcleo de
Computação Eletrônica**

Uma Infra-estrutura de Apoio à Aquisição Cooperativa de Conhecimento em Engenharia de Domínio

**Marcelo T. Machado
Flávia C. Santos
Cláudia M. L. Werner
Marcos R. S. Borges**

NCE - 31/99

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Uma Infra-estrutura de Apoio à Aquisição Cooperativa de Conhecimento em Engenharia de Domínio

Marcelo T. Machado¹ Flávia C. Santos¹ Cláudia M. L. Werner¹ Marcos R. S. Borges²

e-mail: {marcelot, flaviacs, werner}@cos.ufrj.br, mborges@nce.ufrj.br

¹ PESC – COPPE / UFRJ
Caixa Postal 68511 – CEP 21945-970
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

² NCE e IM / UFRJ
Caixa Postal 2324 – CEP 20001-970
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Resumo

Este trabalho apresenta uma infra-estrutura de apoio à realização da aquisição de conhecimento de forma cooperativa, no contexto da engenharia de domínio. Discutimos seus requisitos principais e os elementos que compõem sua arquitetura, dando ênfase à ferramenta responsável pela elicitação e representação de conhecimento através de *use cases*. Apresentamos ainda um protótipo dessa ferramenta implementado na linguagem Java.

Palavras-chave: *groupware* aplicado à Engenharia de Software, aquisição de conhecimento, engenharia de domínio.

1 – Introdução

A engenharia de domínio [19] visa a construção de componentes de software reutilizáveis e compreende diversas atividades, dentre elas a de aquisição de conhecimento. Sua importância é cada vez mais ressaltada, à medida que se tornam mais notáveis as vantagens do uso de técnicas de reutilização, mais especificamente no contexto de desenvolvimento de software baseado em componentes [2,6].

Na engenharia de domínio, há uma fase onde se identifica e organiza o conhecimento sobre o domínio do problema, visando entendê-lo e representá-lo através de modelos (i.e., modelos de domínio), chamada de análise de domínio [19]. A aquisição de conhecimento ocorre mais intensamente nessa fase.

O processo de aquisição de conhecimento não é simples. Na análise de domínio, pode-se dizer que essa atividade é ainda mais complexa, pois seu objetivo é obter e representar o conhecimento sobre todo um domínio, de maneira a possibilitar o desenvolvimento de componentes de forma confiável e com qualidade, no futuro.

Além disso, esta atividade é desempenhada conjuntamente por profissionais com funções distintas. Esses profissionais possuem diferentes *backgrounds*, visões, formas de trabalho e interesses, o que torna a interação social bastante rica neste processo.

Diversas atividades do processo exigem interação e cooperação entre os profissionais envolvidos. No entanto, várias dificuldades existem em relação à interação humana [21], como por exemplo, a pouca disponibilidade de tempo e sua possível distribuição geográfica.

Esses fatores diminuem a produtividade do processo. Portanto, é importante estimular novas formas de trabalho, que não só amenizem os problemas de interação, mas aumentem a qualidade do processo através de um enfoque de cooperação mais explícita.

A aquisição de conhecimento é prevista nos ambientes que apoiam o desenvolvimento baseado na engenharia de domínio. Entre os principais ambientes estão aqueles baseados em arquiteturas de software específica de domínio [14], ambientes com abordagem formal [17] e ambientes de projeto orientado a domínio [11,20]. Somente esses últimos reconhecem a importância da cooperação entre as pessoas nesta atividade e a apoiam, embora de maneira muito simples, não atendendo satisfatoriamente a todos os requisitos de colaboração.

Para que a cooperação possa ser realizada efetivamente durante a aquisição de conhecimento, é necessário fornecer elementos computacionais que supram as necessidades de interação entre os profissionais. Estes elementos formam uma infra-estrutura para apoiar esta atividade. A cooperação prevista na infra-estrutura deve atender aos requisitos de trabalho colaborativo entre os profissionais, visando o aumento da produtividade do processo de aquisição de conhecimento mais amplamente.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na próxima seção descrevemos os aspectos de cooperação presentes na aquisição de conhecimento (Seção 2); na Seção 3, elaboramos um conjunto de requisitos de uma infra-estrutura para apoiar a aquisição cooperativa de conhecimento; em seguida, na Seção 4, apresentamos esta infra-estrutura; a Seção 5 descreve uma ferramenta (parte da infra-estrutura) para elicitación e registro do conhecimento através de cenários e *use cases* [16]; por último, a Seção 6 apresenta as conclusões desse trabalho.

2 – Aspectos de Cooperação na Aquisição de Conhecimento

Esta seção tem por objetivo apresentar os aspectos de cooperação encontrados na aquisição de conhecimento e as dificuldades existentes quanto a esses aspectos, motivando a adoção de uma nova abordagem de trabalho.

A aquisição de conhecimento, na engenharia de domínio, tem por objetivo obter o conhecimento necessário para entender um determinado domínio, e posteriormente, poder representá-lo através de modelos de domínio. Em geral, os domínios são complexos e abrigam mais conhecimento do que uma única pessoa possa ter. Nesse contexto, comunicação e colaboração entre os envolvidos são necessárias [12].

Duas classes principais de pessoas atuam na aquisição de conhecimento, com papéis bem definidos, segundo a análise de domínio: o especialista de domínio, responsável por fornecer o conhecimento sobre o domínio (e validar os resultados alcançados) e o engenheiro de domínio, que atua como facilitador no processo de obtenção desse conhecimento [19]. Muitas vezes, estes profissionais possuem formações, visões, ambientes e formas de trabalho distintas. Essas diferenças, frequentemente, afetam o processo de aquisição de conhecimento, principalmente quanto ao entendimento entre os participantes.

A aquisição de conhecimento envolve um grande número de interações humanas, que requerem cooperação entre os profissionais. Entre as atividades em que há cooperação estão: organização do processo, entrevistas, reuniões, discussões, geração de idéias e validação do conhecimento obtido, entre outras atividades.

Há muitas dificuldades referentes a estas interações [21] e sua qualidade representa um fator crítico para o sucesso do processo. Entre as dificuldades encontradas, a principal refere-se à pouca disponibilidade do especialista de domínio. Este problema é agravado pelo fato da

maioria das técnicas de elicitação de conhecimento pressuporem a interação face-a-face entre os participantes do processo, com ênfase em entrevistas [24].

Para resolver as dificuldades encontradas e promover o aumento da produtividade do processo de aquisição de conhecimento, uma nova abordagem de trabalho deve ser estabelecida, com enfoque em projeto participativo [23]: os especialistas trabalham junto com os engenheiros na construção do conhecimento, com iguais responsabilidade e importância no processo, isto é, o especialista de domínio deixa de ser um mero fornecedor de informações e passa a atuar ativamente na elaboração e consolidação do conhecimento. Dessa forma, o conhecimento vai sendo construído coletivamente ao longo do processo.

Esta abordagem tem se mostrado vantajosa em muitas atividades e no processo abordado aqui os benefícios podem ser grandes também. Através da participação de todos os envolvidos, pode-se conseguir um aumento da qualidade do conhecimento, uma vez que todas as idéias, informações, etc. são discutidas coletivamente, produzindo um resultado mais confiável. A validação também se beneficia deste fato.

O uso de computadores para apoiar este novo enfoque é fundamental, sobretudo para proporcionar possibilidades de trabalho assíncrono e/ou a distância. O uso de técnicas de *groupware* podem contribuir também para o aumento e a melhoria da comunicação entre os participantes. Quanto maior a comunicação, maiores são as chances de que todas as informações sejam aproveitadas.

Outra vantagem do uso de sistemas de *groupware* é que o especialista tem maior flexibilidade para fornecer suas contribuições, podendo fazê-lo a seu tempo e a seu modo, sem interferência direta do engenheiro de domínio.

3 – Requisitos da Infra-estrutura para Aquisição Cooperativa de Conhecimento

Uma vez caracterizada a aquisição de conhecimento como um processo cooperativo, procurou-se, então, identificar os requisitos deste processo que poderiam vir a se beneficiar com as soluções cooperativas. Estes requisitos, apresentados logo a seguir, estão separados por categorias, conforme sua importância no apoio à aquisição. O requisito mais importante é o primeiro, pois visa apoiar a atividade que executa o principal objetivo da aquisição de conhecimento, a elicitação e representação do conhecimento. Em seguida vem a categoria dos requisitos de apoio às interações que se dão ao longo do processo de aquisição em todas as situações. Logo depois vêm os requisitos que visam apoiar interações com características diferenciadas e por isso não estão presentes em todas as situações. Por fim, são apresentados requisitos que têm por objetivo prestar auxílio complementar à aquisição e, por isso, não são imprescindíveis para a sua realização.

3.1 Requisito de Apoio à Elicitação e Representação

➤ Autoria cooperativa

Para que uma infra-estrutura de reutilização seja especificada e utilizada de maneira consistente, ela deve ser povoada com modelos de domínio que capturem de forma adequada a semântica do domínio, nos diversos níveis de abstração requeridos [5].

No contexto deste trabalho, busca-se apoiar a elicitação de conhecimento e representá-lo na forma de cenários¹ e *use cases*². Esta atividade deve ser realizada em conjunto pelos

¹ Descrição textual de algum aspecto funcional do domínio [5]

² Descrição da sequência de uso do sistema a ser construído [16]

especialistas e engenheiros de domínio, uma vez que os primeiros são a principal fonte de conhecimento do domínio.

Conclui-se, então, que estes cenários e *use cases* serão fruto do consenso dos diferentes pontos de vista de especialistas e engenheiros de domínio e, por isso, serão compartilhados e manipulados pelos membros do grupo durante a elicitação, de modo a serem definidos cooperativamente por eles.

3.2 Requisitos de Apoio às Interações

➤ Apoio à interação humana, privilegiando a comunicação assíncrona

A principal fonte de conhecimento é o especialista de domínio. Ele vai interagir com o engenheiro de domínio como transmissor de conhecimento e como participante ativo em decisões importantes como identificação de áreas relevantes de conhecimento e seleção de outras fontes de informação, além de revisar e criticar o conhecimento representado e esclarecer conflitos de linguagem. Entretanto, ele pertence ao domínio investigado e nele tem suas responsabilidades, o que restringe a sua disponibilidade durante a atividade de análise de domínio. Em virtude disso, deve-se otimizar o seu tempo disponível.

Processos de aquisição de conhecimento para o contexto de engenharia de domínio [21] procuram estimular uma certa independência dos engenheiros de domínio, de modo que estes inicialmente explorem as outras fontes de informação do domínio, diminuindo a necessidade de encontros face-a-face com o especialista e restringindo o uso de sessões apenas para validações.

No contexto de trabalho cooperativo, a partir da constatação da necessidade crescente do número de interações entre as pessoas, vêm se estudando meios de simular encontros físicos entre elas, com o objetivo de diminuir os custos e, nos casos imprescindíveis ou desejáveis, anteceder os encontros com um volume grande de interações que não requeiram a presença física das pessoas para ocorrer [3].

➤ Apoio à construção de um vocabulário comum

Ao iniciar uma atividade de análise de domínio, o engenheiro irá se deparar com informações especializadas no contexto do domínio, com um jargão particular e, na maioria das vezes, distinto ao vocabulário a que ele está habituado. Naturalmente, esta dificuldade pode dificultar o processo de entendimento e comprometer a comunicação entre os participantes do processo de aquisição.

Visando contornar essa dificuldade e tornar o processo de aquisição de conhecimento mais eficiente, uma das primeiras atividades deve ser a elaboração de um vocabulário comum [21]. No contexto de apoio ao desenvolvimento cooperativo de software, além do registro deste vocabulário, já se reconhece a necessidade de apoio à coleta, geração e organização de conceitos, além do suporte a discussões para promover o refinamento destes conceitos [1].

Esta perspectiva também é válida para o processo de aquisição de conhecimento. Por isso, o vocabulário comum deve ser definido conjuntamente pelos engenheiros e especialistas. Estes últimos são muito importantes para direcionar a pesquisa de termos, feita pelos engenheiros no material bibliográfico do domínio, e para esclarecer conflitos de linguagem.

➤ Apoio à preparação de sessões

Apesar do privilégio dado à comunicação assíncrona, ainda serão necessárias as interações face-a-face, em virtude da importância do especialista de domínio no processo. O que se pode fazer então, além de se tentar reduzir a realização de reuniões apenas para

atividade de validação, é aumentar a eficiência desses encontros. Para que isso ocorra, CAVALCANTI et al. [7] apontam a importância de uma preparação, afirmando que uma reunião bem preparada terá participantes interessados e decisões balanceadas. Esta preparação consiste em algumas atividades e entre elas está a discussão dos itens da pauta. Porém, esta discussão deve ocorrer em modo assíncrono, permitindo que os participantes tenham tempo para refletir antes da reunião, devendo esta ser marcada apenas depois de ter havido tempo suficiente para discussão.

➤ Definição e acompanhamento do processo de aquisição

Há algum tempo, as pesquisas em engenharia de software vêm apontando a importância de se ter um processo definido e controlado para garantir a qualidade dos produtos de software, aumento de produtividade e cumprimento de prazos. Segundo ARAÚJO et al. [1], em um processo cooperativo deve-se especificar como a interação irá ocorrer, definir regras e limites, estipular responsabilidades, controlar e acompanhar a execução de tarefas.

No contexto da análise de domínio, é importante que a aquisição de conhecimento esteja sistematizada em termos de etapas bem definidas, organizadas e interrelacionadas. Esta sistematização torna a análise de domínio uma atividade mais organizada e produtiva. Ela permite a criação de um roteiro detalhado para a execução da elicitação de conhecimento, a partir do qual é possível gerenciar e acompanhar as atividades sendo realizadas pelo grupo como um todo e aquelas realizadas pelos membros individualmente.

➤ Definição de papéis

Os modelos de interação propostos para o apoio ao trabalho cooperativo se preocupam em modelar os papéis que os componentes de um grupo exercem quando discutem ou negociam [15]. PRIETO-DÍAZ e ARANGO [19] apresentam um conjunto de papéis bem definidos para a execução da engenharia de domínio. No contexto do nosso trabalho, só nos interessa o papel do especialista e do engenheiro de domínio.

O especialista de domínio não só é a principal fonte de conhecimento como também age como consultor para identificar áreas relevantes de conhecimento e separação entre elas; para organizar o vocabulário e eliminar ambigüidades nele; e para selecionar estudos de caso. O que pode requerer que ele aja como um facilitador em determinados momentos do processo, além de ser o revisor e crítico dos modelos de domínio.

Entre as funções do engenheiro de domínio estão a de conduzir a aquisição, verificar a correção do modelo em relação aos padrões de representação, validar a informação do modelo e analisar o impacto de alterações no modelo. Estas funções podem requerer que ele aja ora como moderador, ora como coordenador, ora como “advogado do diabo” ou como crítico, conforme a dinâmica da discussão.

➤ Auxílio ao agendamento de sessões

Engenheiros e especialistas de domínio geralmente pertencem a ambientes de trabalho distintos e, dentro desses ambientes, eles possuem responsabilidades e compromissos que não necessariamente estão ligados ao processo de engenharia de domínio em questão. Por isso, torna-se essencial um elemento para conciliar a disponibilidade dos participantes por ocasião do agendamento de sessões. No contexto de *groupware*, já se adota a filosofia de agendamento cooperativo, visando a marcação de compromissos coletivos de forma mais rápida e eficiente, induzindo a organização e o melhor uso do tempo.

3.3 Requisitos de Apoio Diferenciado às Interações

- Suporte à realização de sessões com um número grande de participantes

Reuniões com um número grande de participantes são longas e acabam se tornando enfadonhas e desestimulantes, de forma que, efetivamente, poucos dos presentes participam ativamente das discussões, enquanto os demais acabam por acatar as decisões apenas por comodidade. Para resolver esta questão, deve-se permitir a comunicação paralela, de forma que um participante não precise esperar para dar a sua contribuição.

Este é um ponto interessante a ser considerado porque a engenharia de domínio geralmente se aplica a domínios complexos e abrangentes, o que pode algumas vezes exigir equipes grandes para a sua realização.

- Apoio à realização de sessões remotas

Em domínios complexos ou abrangentes não seria incomum a ocorrência de uma equipe geograficamente distribuída. Por isso, deve ser possível que as pessoas interajam através de seus terminais mesmo que dispersos geograficamente, realizando troca de mensagens, troca de informações, compartilhamento da mesma tela de discussão e apresentação de idéias.

3.4 Requisitos de Apoio Complementar

- Apoio à geração de idéias

Durante a engenharia de domínio, objetiva-se extrair o máximo de informações da cabeça dos especialistas. Portanto, sugere-se a aplicação da técnica de *brainstorming* [21] para estimular a geração de idéias, pois esta técnica dá liberdade para que as pessoas comentem os aspectos que julgarem mais relevantes a respeito do domínio.

Este tipo de reunião requer o aumento da objetividade das informações e redução da pressão da hierarquia de um ou alguns membros do grupo, requisitos que vêm sendo atendidos através da possibilidade de anonimato no contexto de *groupware*.

- Apoio à comunicação síncrona informal

Em qualquer processo estão presentes as interações marginais, representadas entre outras coisas por conversas informais. Estas discussões informais ajudam a descrever o processo pelo qual os produtos foram criados. Por isso, o apoio a este tipo de interação se mostra bastante interessante na fase de construção de cenários e *use cases*. No contexto do apoio ao desenvolvimento cooperativo de software, ARAÚJO et al. [1] chamam a atenção para a importância de relacionar este conhecimento informal aos artefatos de forma a darem sentido ao processo.

4 - Infra-estrutura

Depois de identificados os requisitos cooperativos que caracterizam a aquisição de conhecimento, foi-se, então, buscar nas soluções já consolidadas da área de *groupware* aquelas que melhor se adequavam ao processo em questão. A partir daí, foi identificada uma infra-estrutura composta por elementos que visam atender aos requisitos identificados na seção anterior.

➤ Aquisição de conhecimento

Sistemas de co-autoria são usados por um grupo para compor um objeto conjuntamente. As características destes tipos de sistemas podem contribuir para a definição cooperativa de cenários e *use cases*.

Pode-se pensar em uma área de trabalho comum onde especialistas e engenheiros de domínio atuam e podem visualizar a atuação uns dos outros. Este trabalho pode ser feito em modo síncrono ou assíncrono. No modo síncrono, os participantes podem ver o que os outros estão fazendo instantaneamente, enquanto que no assíncrono eles são notificados de tudo o que foi alterado desde a sua última sessão.

Os participantes podem inserir anotações no corpo do texto, podendo estas anotações serem pessoais ou para o grupo. É possível visualizar as pessoas que estão trabalhando no momento, bem como a contribuição de cada uma delas. O sistema pode notificar a chegada de um novo participante ou a saída de alguém. Enfim, cada membro do grupo tem a percepção de suas atividades dentro do contexto geral do trabalho.

➤ Discussão assíncrona estruturada

Sistemas de discussão assíncrona permitem que os participantes contribuam conforme a sua disponibilidade, tendo tempo para refletir e examinar mais informações sobre o tema. No caso de uma discussão estruturada, são utilizados modelos de argumentação para representar os principais elementos desta discussão.

Este tipo de sistema se adequa ao contexto da aquisição de conhecimento para apoiar a autoria cooperativa, a interação assíncrona, a construção do vocabulário comum, a preparação de sessões e a interação remota.

Durante a autoria cooperativa, pode-se utilizar a discussão assíncrona para conduzir discussões sobre questões surgidas no decorrer do trabalho, quando os responsáveis tiverem dificuldade de se encontrar ou precisarem da ajuda das outras pessoas envolvidas no processo para esclarecimentos, ou ainda para auxiliar na resolução de conflitos.

Num primeiro estágio da aquisição de conhecimento, o engenheiro de domínio faz uma investigação de diversas fontes de conhecimento (manuais de sistemas, enciclopédias, dicionários, entre outras), independente do especialista de domínio. Entretanto, este esforço é pouco produtivo, pois ele vai estar diante de um assunto especializado no qual ele é leigo. Paradoxalmente, esta dificuldade irá requerer que ele dependa de uma orientação do especialista. Neste caso, a discussão assíncrona estruturada pode ser usada para apoiar a interação entre especialistas e engenheiros de domínio, dispensando um encontro face-a-face.

A construção de um vocabulário comum requer interação entre especialistas e engenheiros do domínio durante a pesquisa de conceitos e para esclarecimento de ambigüidades e/ ou conflitos de linguagem. Mais uma vez, a discussão assíncrona estruturada é indicada, dando apoio aos debates necessários a uma formalização de conceitos.

Na preparação de sessões, a discussão assíncrona estruturada deve ser utilizada para apoiar a discussão anterior dos itens da sessão, com o objetivo de diminuir os graus de incerteza e equivocalidade [9].

Naturalmente, estes tipo de sistema é muito útil também para apoiar interações remotas, principalmente porque nesta situação a produtividade das sessões é uma necessidade ainda mais crítica.

➤ Troca de mensagens assíncronas

Os sistemas de mensagens constituem um recurso já bastante consolidado e conhecido por uma grande variedade de pessoas. O uso da metáfora do correio permite que eles atinjam pessoas dos mais diferentes domínios, de um modo uniforme e fácil.

No contexto da aquisição de conhecimento eles têm muito a contribuir, pois podem ser amplamente utilizados como meio de interação entre os membros da equipe. As pessoas envolvidas na autoria cooperativa podem mandar mensagens umas para as outras a respeito do trabalho que estão fazendo conjuntamente. Engenheiros e especialistas de domínio podem trocar mensagens na fase inicial de investigação do domínio, quando os primeiros procuram estudar por conta própria, e durante a elaboração do vocabulário comum.

Estes sistemas terão seu valor ressaltado quando a equipe do projeto estiver dispersa geograficamente. Estes sistemas podem, ainda, ser utilizados pela gerência de processos (descrita a seguir) para enviar notificações aos membros da equipe acerca de eventos importantes durante o andamento da aquisição.

➤ Gerência de processos (*Workflow*)

A organização *Workflow Management Coalition* [25] conceitua sistemas de *workflow* como sistemas que definem, gerenciam e executam processos através da execução de software, cuja ordem de operação é direcionada pela representação automatizada da lógica do processo. Ou seja, sistemas de *workflow* mantêm uma representação do processo e do fluxo das atividades que o compõem, através da qual é feito o acompanhamento do trabalho.

Estes sistemas têm como vantagens a indução à organização, o controle sobre os processos, a monitoração do trabalho, o aumento da eficiência e a visibilidade. No contexto da aquisição de conhecimento do domínio, estes sistemas são úteis para apoiar a definição e acompanhamento de um processo de aquisição.

Através do recurso de modelagem de processos, é possível definir um processo de aquisição em termos de etapas e atividades. Cada processo é composto por um conjunto de etapas e estas por um conjunto de atividades. Também é possível definir o fluxo entre as etapas, criando um roteiro de atividades. A cada atividade é associado o papel do participante que deve executá-la e a estes papéis são associados os membros da equipe responsável pelo projeto. Vale observar que para cada novo projeto, uma nova instância do processo de aquisição de conhecimento deve ser criada e configurada, atendendo às suas características.

Para efeito de acompanhamento é registrada a data de realização da atividade e, em se tratando de uma sessão, é registrado o objetivo a ser atendido. Também são associados às atividades os recursos necessários à sua realização (fontes de conhecimento, demais facilidades e equipamentos) e a técnica que será utilizada para a sua execução.

No caso da autoria cooperativa, a gerência de processos deve fazer o acompanhamento, convidando os participantes para darem a sua contribuição, informando o estágio em que se encontra a elicitação e alertando sobre eventos importantes como, por exemplo, a abstração de *use cases*, descrita na Seção 5.

Para as discussões assíncronas, este recurso deve notificar ao grupo sobre a abertura de cada nova discussão, o seu objetivo e o prazo em que deve estar concluída, além de alertar sobre a proximidade de expiração deste prazo. Esta é uma função importante para evitar o esvaziamento das discussões.

De um modo geral, a gerência de processos deve manter controle sobre o estado das atividades e sobre o fluxo de trabalho, respeitando as conexões existentes entre as tarefas. Ela deve disponibilizar a lista de atividades de cada participante e seus respectivos prazos e notificá-los acerca de eventos importantes através do sistema de mensagens.

➤ Agendamento (*Scheduler*)

As agendas cooperativas são usadas para marcação de compromissos coletivos e conciliação de disponibilidades para reuniões. Estas ferramentas podem ser de grande valia para conciliar a disponibilidade dos especialistas e engenheiros de domínio.

Sendo assim, quando se estiver planejando uma sessão, a gerência de processos deverá alertar as pessoas convocadas para participarem, indicando o período em que deverá ocorrer. Devidamente informada, cada pessoa irá registrar na agenda qual é a sua disponibilidade naquele período. De posse destas informações, a ferramenta concilia os horários e sugere quando a sessão pode ser marcada.

Vale observar que, em virtude dos engenheiros e especialistas de domínio geralmente pertencerem a ambientes distintos, os seus compromissos não estarão necessariamente associados ao processo de engenharia de domínio em questão e, por isso, nenhum tratamento deve ser dado a estes compromissos externos.

➤ Conferência eletrônica

Sistemas de conferência em tempo-real utilizam o computador como um meio para discussão entre grupos. Eles permitem interação síncrona entre as pessoas através de suas estações de trabalho, onde podem compartilhar janelas, conexões e aplicações multi-usuário.

Este tipo de sistema, entretanto, tem um custo elevado, devido à infra-estrutura tecnológica que exige. Dada esta restrição, no contexto da engenharia de domínio, ele é mais indicado para sessões com um número grande de participantes e/ou cujos participantes estejam dispersos geograficamente.

➤ Brainstorming

O apoio automatizado a reuniões vem se mostrando bastante adequado para torná-las mais democráticas e produtivas. Algumas delas, inclusive, são especializadas em dinâmicas específicas como, por exemplo, a técnica de *brainstorming*. Visto que esta técnica é de grande valia no contexto de uma aquisição de conhecimento [21], ferramentas que prestam este tipo de apoio mostram-se adequadas para o processo em questão.

Uma ferramenta deste tipo apoia a geração, organização, seleção e avaliação de idéias. Os participantes podem disponibilizar suas idéias simultaneamente e de forma anônima. Isto estimula o aumento do número de idéias, uma vez que um participante não precisa esperar pelo outro para sugerir-lá e não deixará de apresentar uma idéia com receio de possíveis críticas. Enquanto as idéias vão sendo geradas, a ferramenta as organiza em uma lista. A partir dela, as idéias podem ser categorizadas e selecionadas com o auxílio de mecanismos de votação, quando houver conflito.

➤ Discussão síncrona informal (*Chat*)

Ferramentas de discussão síncrona não estruturadas permitem que as pessoas interajam de uma forma mais espontânea e, por isso, informal. Elas são adequadas, portanto, para apoiar as discussões paralelas e informais. Desta forma, quando um membro da equipe iniciar uma sessão, será estabelecida uma ligação entre ele e os outros membros responsáveis pelo mesmo projeto. Ele terá percepção dos demais participantes trabalhando no momento, e os demais participantes serão notificados de sua chegada, abrindo canais de comunicação que permitem que um participante convide outro para uma discussão.

A Figura 1 apresenta a arquitetura da infra-estrutura. Os participantes têm acesso à **infra-estrutura de aquisição de conhecimento** via o **cliente workflow**, onde tomarão conhecimento de sua lista de atividades – proveniente do sistema gerenciador de processos (**workflow**) – e, a partir dela, serão invocadas as **ferramentas cooperativas** necessárias. Estas ferramentas correspondem aos elementos anteriormente apresentados, inclusive a ferramenta de aquisição de conhecimento, que será descrita em detalhes na Seção 5. Tanto as ferramentas cooperativas quanto o sistema gerenciador de processos (**workflow**) armazenam suas informações em bancos de dados.

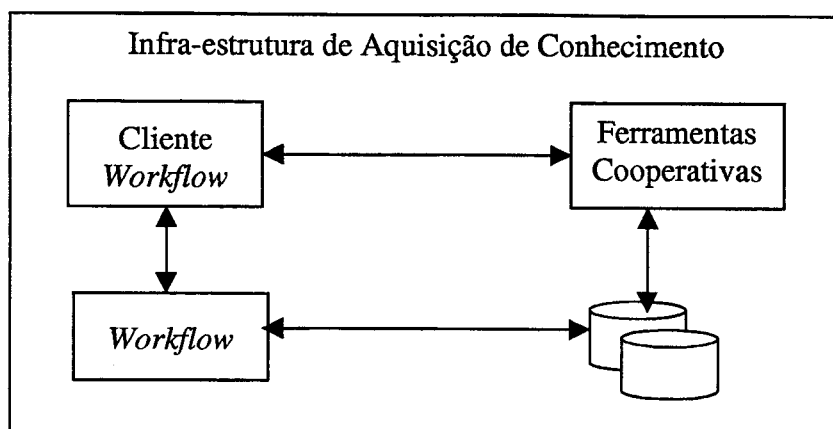


Figura 1 – Arquitetura da Infra-Estrutura

Vistos os requisitos e a infra-estrutura proposta, a tabela 1 apresenta a correspondência entre os elementos da infra-estrutura e os requisitos cooperativos aos quais eles atendem.

Elementos da Infra-estrutura	Requisitos Cooperativos
Aquisição do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Captura e manipulação cooperativas de cenários e <i>use cases</i>
Discussão assíncrona estruturada	<ul style="list-style-type: none"> • Esclarecimento de dúvidas assincronamente • Preparação de sessões • Levantamento de um vocabulário comum • Apoio à autoria cooperativa de cenários
Troca de mensagens assíncronas	<ul style="list-style-type: none"> • Envio de notificações • Apoio à troca de mensagens assíncronas
Gerência de processos (<i>workflow</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem dos diferentes processos de aquisição de conhecimento • Acompanhamento do processo • Definição de papéis • Definição de atividades e distribuição delas conforme os papéis
Agendamento (<i>Scheduler</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Agendamento de datas e horários conforme disponibilidade dos diferentes membros da equipe
Conferência eletrônica	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio a discussões síncronas de grupos grandes e/ou cujos membros estejam geograficamente distribuídos
<i>Brainstorming</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio à geração, seleção e avaliação de idéias
Discussão síncrona informal (<i>Chat</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio a discussões síncronas, não estruturadas e informais

Tabela 1 – Elementos da Infra-estrutura × Requisitos Cooperativos

5 – Ferramenta de Apoio à Elicitação Cooperativa e Registro do Conhecimento

Esta seção apresenta uma ferramenta equivalente ao elemento responsável pela aquisição cooperativa de conhecimento apresentado na Seção 4, detalhando os seus requisitos, seu modelo conceitual de classes e apresentando alguns aspectos do seu desenvolvimento.

5.1 – Requisitos

A partir do estudo de algumas ferramentas para aquisição de conhecimento existentes [13,22] e adotando-se um processo de engenharia de domínio [4], foi elaborado um conjunto de requisitos para a ferramenta de aquisição de conhecimento, descrito a seguir.

A ferramenta deve contemplar a criação cooperativa de cenários, considerada como a principal forma de aquisição de conhecimento. Os cenários podem ser elaborados utilizando-se diversas técnicas [16]. É importante ressaltar que os cenários, descritos na forma textual, são utilizados por serem a forma mais simples de interação do especialista de domínio com a ferramenta computacional.

A criação de cenários pode ser feita tanto síncrona quanto assincronamente. Em ambos os modos, a ferramenta deve prover meios para apoiar a interação entre os participantes. No caso de interações síncronas, o apoio dado pela ferramenta seria o mesmo encontrado em editores de texto cooperativos – fontes com cores diferentes para cada autor, por exemplo. Um melhor aproveitamento pode ser conseguido, no entanto, através de interações assíncronas, devido à pouca disponibilidade de tempo do especialista, conforme discutido anteriormente. Nesse caso, podem ser usados, também, recursos como o uso de mensagens.

Após os cenários estarem completos, a ferramenta deve poder realizar uma primeira instanciação dos cenários em *use cases*. A instanciação deve ser feita de forma semi-automática, passando-se da descrição textual (cenário) para um *template* de *use case*, tal como proposto por COCKBURN [8]. Entretanto, é prevista a necessidade de intervenção humana para a finalização dos *use cases*.

Os especialistas e engenheiros de domínio devem ser convocados para terminar a instanciação dos *use cases*, o que pode ser feito através de notificações enviadas por um sistema de gerência de processos. Cada pessoa, ao ser convocada, recebe um relatório contendo o estado da instanciação, a prioridade da tarefa, uma lista dos outros profissionais envolvidos (especialistas e engenheiros de domínio), entre outras informações.

Inicia-se então a elaboração dos *use cases*. Mais uma vez, de modo a explorar todas as formas de trabalho e interações entre especialistas e engenheiros, deve ser permitida a elaboração síncrona e assíncrona.

Após todos os cenários terem sido capturados, tem-se um conjunto de *use cases* – alguns voltados para o domínio genérico, outros voltados para aplicações específicas no domínio, muitos *use cases* semelhantes, entre outras inconsistências. Com isso, é necessária a realização de um processo de concatenação e abstração dos *use cases* para se chegar a *use cases* primitivos do domínio³ [5]. Esse processo deve contar com o apoio de uma ferramenta de discussão assíncrona e de uma ferramenta para comunicação síncrona previstas na infraestrutura.

Os elementos mais importantes dos *use cases* – atores, conceitos e ações – são abstraídos até serem gerados o conjunto de *use cases* primitivos do domínio, que seja consenso entre os especialistas e engenheiros do domínio. Essa atividade também deve ser apoiada por uma ferramenta de discussão.

É importante que sejam armazenados os relacionamentos entre os *use cases* e os cenários que os originaram. Alguns *use cases* mais complexos possuem ações descritas por outros *use cases*. Essas ligações devem também ser guardadas. Por último, a ferramenta deve permitir a revisão síncrona e/ou assíncrona.

³ *Use cases* primitivos de domínio formam um conjunto mínimo de *use cases* capazes de representar todo um domínio de aplicação. Esta definição é equivalente para atores e conceitos.

5.2 – Modelo Conceitual

A Figura 2 apresenta o modelo conceitual de classes envolvidas na elaboração da ferramenta, de acordo com os requisitos previamente descritos. A classe Cenário representa os cenários elaborados pelos especialistas e engenheiros de domínio dentro de um determinado domínio (classe Domínio). Cada cenário possui uma descrição textual e, às vezes, uma documentação (classe Documentação) de onde foi extraído – material impresso, software, etc.

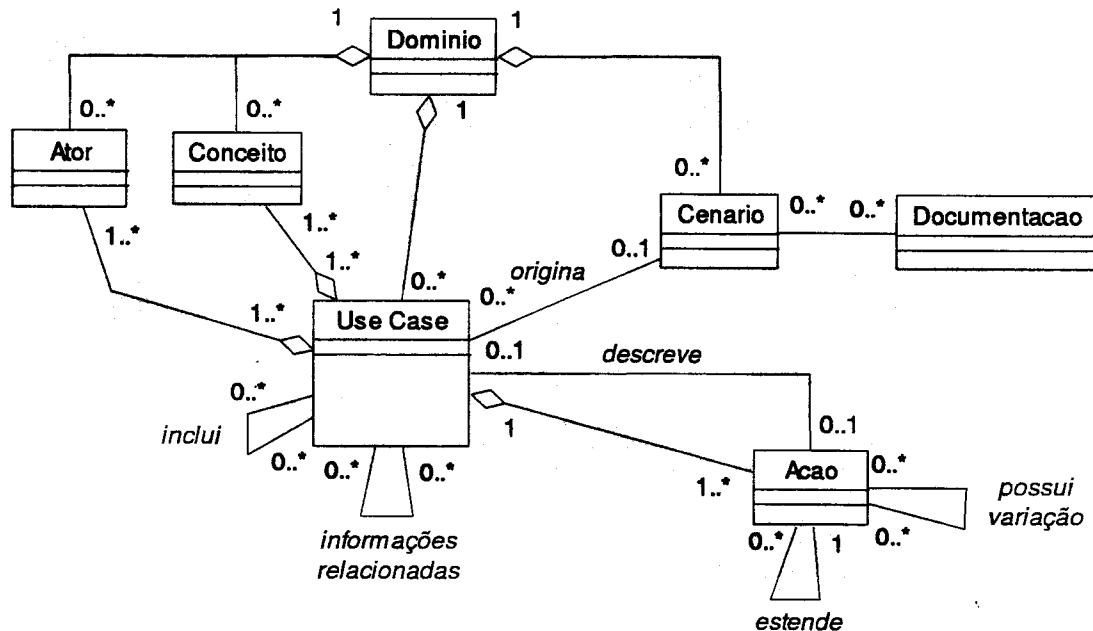


Figura 2 - Modelo Conceitual da Ferramenta de Aquisição de Conhecimento

A classe mais importante deste modelo é a classe Use Case. Sua criação foi inspirada no *template* para elaboração de *use cases* proposto por COCKBURN [8]. Os atributos dessa classe correspondem a “campos” encontrados no *template* (por ex., objetivo, condição de sucesso, prioridade, etc.). Cada *use case*, a princípio, é originado de um cenário. Um *use case* pode estar relacionado a outros *use cases* que tenham informações relevantes para ele.

Um Use Case possui uma lista de atores (classe Ator) que interagem no contexto do *use case* e uma lista de conceitos (classe Conceito) importantes. Um Use Case é composto, ainda, de ações (classe Ação) executadas pelos atores. Uma ação pode possuir extensões (ações mais detalhadas da ação em alto nível) e variações (possibilidades distintas de ações). Determinadas ações, por serem mais complexas, podem ser descritas por outros *use cases*, fazendo com que um *use case* possua (inclua) *use cases* subordinados.

Após o processo de abstrações de *use cases*, os *use cases* resultantes são associados ao domínio, isto é, passam a ser *use cases* primitivos do domínio. O mesmo ocorre com os atores e os conceitos.

5.3 – Projeto da Interface e Elementos de Percepção (*Awareness*)

De acordo com o *lay-out* elaborado para a ferramenta, a interação com o usuário se dá através de duas áreas: uma área onde é mostrada a árvore de cenários e *use cases* relacionados e uma área para sua edição (Fig. 3).

De modo a apoiar a percepção (*awareness*) durante o trabalho em grupo, a ferramenta deve oferecer alguns mecanismos e recursos específicos na sua interface. Um mecanismo

essencial para percepção é a lista de usuários ativos, isto é, usuários que estão trabalhando em certo momento (sincronamente). Este mecanismo é muito importante no contexto da aquisição de conhecimento. Por exemplo, um engenheiro pode perceber que um determinado especialista está ativo e aproveitar para tirar dúvidas com ele, e vice-versa.

Outro recurso fundamental é o uso de diferentes cores na interface, com diferentes significados. Durante a edição de cenários, deve ser alocada uma cor para cada participante que estiver editando um mesmo documento. Assim, os usuários podem ter a noção da contribuição dos demais colegas. Na edição de *use cases*, as cores podem ser usadas para se identificar quais campos estão bloqueados (e por quem).

Para facilitar a comunicação entre os participantes, o auxílio de tele-apontadores é interessante. Cada usuário teria um apontador e, desejando discutir sobre algum item em especial, usaria esse apontador para indicar ao que está se referindo.

O recurso de multi-scrollbar pode ser usado para indicar o ponto do documento em que cada usuário está trabalhando. Esse recurso oferece um *scrollbar* para cada usuário. Dessa forma, os participantes da sessão podem evitar trabalhar em áreas comuns, minimizando assim conflitos de bloqueios e contribuições.

O uso de anotações é fundamental para o trabalho assíncrono. Os usuários podem deixar anotações relativas aos itens de trabalho, para si mesmos e para os demais usuários. Por meio das anotações, pode-se registrar e visualizar comentários, dúvidas, etc. Outro recurso bastante útil no trabalho assíncrono é o uso de notificações. A idéia é que ao iniciar uma sessão, o usuário receba avisos sobre as mudanças ocorridas desde a última vez em que usou o sistema. Além disso, poderiam ser notificados também o estágio de desenvolvimento dos itens de trabalho, anotações colocadas no sistema, a entrada no sistema de um usuário, etc.

Por fim, referências visuais de diferentes tipos podem ser utilizadas. Por exemplo, podem ser usados ícones distintos na área para árvore de cenários, associados aos elementos para indicar ao usuário sua situação em relação ao item, de acordo com um dos seguintes estados: se o item já foi “visto”; se o usuário sabe de sua presença, mas ainda não o viu; ou se o item é totalmente novo.

5.4 – Protótipo

Um protótipo da ferramenta de aquisição de conhecimento foi implementado na linguagem Java, versão 1.1. Sua construção foi realizada utilizando-se um *middleware* voltado para o desenvolvimento de sistemas de *groupware* para engenharia de software [10], também desenvolvido em Java. Dessa forma, uma série de elementos previstos (Seção 4) puderam ser aproveitados através da reutilização do *framework* presente no *middleware*. Alguns aspectos do desenvolvimento da ferramenta, como a questão do controle de concorrência adotado, são discutidos em outro artigo [18].

A Figura 3 apresenta uma sessão de trabalho na ferramenta. Pode-se ver, na área esquerda da janela, a árvore de elementos (lista de domínios, domínios, cenários, use cases, conceitos, atores e ações). Na área da direita, pode-se ver um documento sendo visualizado pelo usuário (*use case*).

A Figura 4 mostra dois usuários trabalhando num mesmo documento (*use case* “Apresentação de Proposição”). A cada usuário, ao iniciar uma sessão, é atribuída uma cor. Pode-se visualizar quais usuários estão trabalhando num dado instante através da janela “User List” (Fig. 4). Nessa janela pode-se ver também qual cor está atribuída a cada usuário.

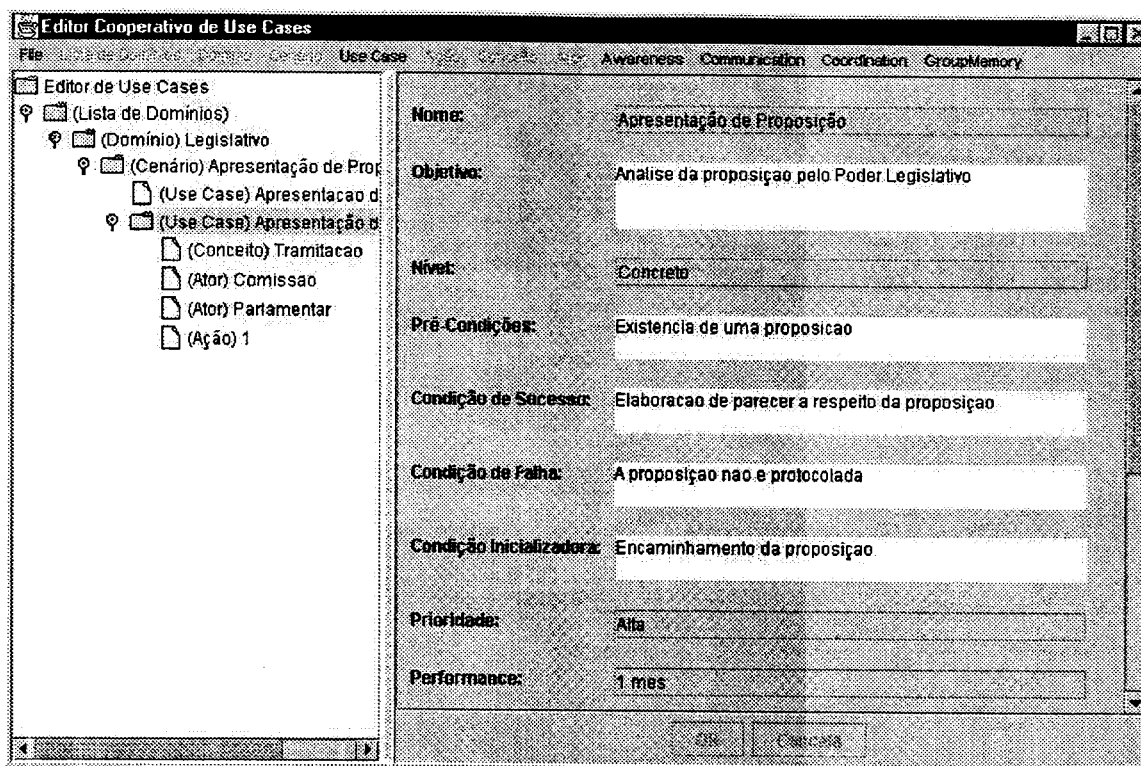


Figura 3 – Sessão de Trabalho no Protótipo

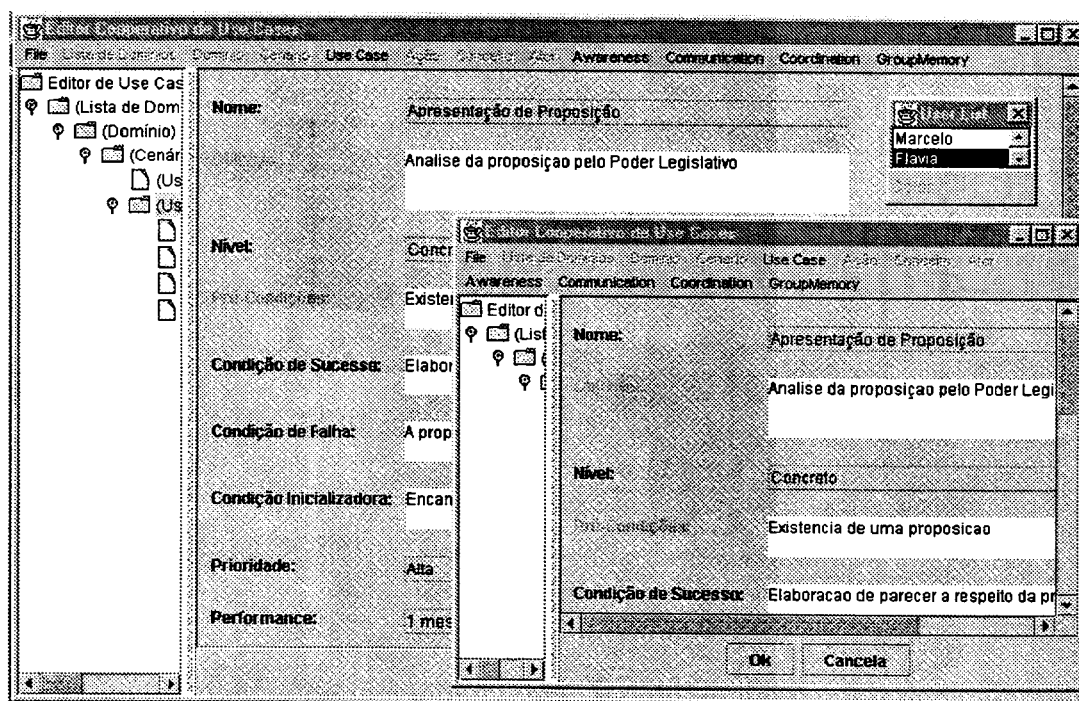


Figura 4 – Dois Usuários Trabalhando num Mesmo Documento

A Figura 4 mostra ainda aspectos de percepção (*awareness*) em relação ao bloqueio de campos. Enquanto um usuário está editando o campo “Pré-Condições” (cor mais escura na figura), o outro está editando o campo “Objetivo”. Um campo, enquanto bloqueado, só pode ser editado pelo usuário que o bloqueou, embora possa ser visto por todos os demais usuários.

6 – Conclusão

Este trabalho apresentou uma infra-estrutura para apoiar a aquisição de conhecimento em engenharia de domínio, sob uma abordagem de trabalho cooperativo apoiado por computador, com ênfase em projeto participativo [23].

Foram analisados os aspectos de cooperação presentes no processo de aquisição de conhecimento e uma série de dificuldades foram identificadas e discutidas. Visando amenizar essas dificuldades, propusemos uma nova abordagem para o trabalho em aquisição de conhecimento e uma infra-estrutura que fornecesse os elementos necessários para apoiar a cooperação no processo. Identificamos e discutimos os requisitos essenciais (quanto à cooperação) da infra-estrutura, assim como os elementos que ela deve conter. Entre os elementos que compõem a infra-estrutura, destaca-se a ferramenta para elicitación e representação do conhecimento através de *use cases*, onde o conhecimento é capturado e tornado persistente.

Como mencionado anteriormente, embora algumas das infra-estruturas que apoiam a engenharia de domínio (e a aquisição de conhecimento) reconheçam a importância dos aspectos cooperativos do processo, pouco tem sido feito para atendê-los. Por exemplo, o ambiente proposto por FISCHER [12] limita-se a oferecer apenas um mecanismo de argumentação, embora em sua concepção seja dada atenção à questão da cooperação entre os envolvidos. A infra-estrutura proposta neste artigo, por outro lado, visa amenizar alguns dos problemas encontrados durante a aquisição de conhecimento e apoiar efetivamente a cooperação requerida, aumentando assim a produtividade do processo.

A discussão sobre os requisitos de cooperação realizada neste trabalho abre caminho para a incorporação de elementos de cooperação nas infra-estruturas de apoio à engenharia de domínio, gerando assim maiores benefícios para a produção de componentes de software.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES e ao CNPq pelas bolsas de formação.

Referências Bibliográficas

- [1] ARAÚJO, R.M., DIAS, M.S., BORGES, M.R.S., “Suporte por Computador ao Desenvolvimento Cooperativo de Software: Classificação e Propostas”, In: *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Ceará, Outubro, 1997.
- [2] BOOCH, G., KOZACZYNSKI, W., “Component-Based Software Engineering”, *IEEE Software*, v. 15, n. 5, pp. 34-36, Setembro/Outubro, 1998.
- [3] BORGES, M.R.S., CAVALCANTI, M.C.R., CAMPOS, M.L.M., “Suporte por Computador ao Trabalho Cooperativo”, *JAI - XV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, Canela, 1995.
- [4] BRAGA, R.M.M., WERNER, C.M.L., “Odyssey-DE: Um processo para desenvolvimento de componentes reutilizáveis”, In: *Anais do X CITS*, Curitiba, Maio, 1999.
- [5] BRAGA, R.M.M. e WERNER, C.M.L., *Processo de Engenharia de Domínio do Ambiente Odyssey – Relatório do Projeto Odyssey – RT 4/99*, COPPE/UFRJ, 1999.
- [6] BROWN, A.W. e SHORT, K., “On Components and Objects: Foundations of Component-Based Development”. In: *Proceedings of 5th International Symposium on Assessment of Software Tools*, IEEE Computer Society Press, Junho, 1997

- [7] CAVALCANTI, M.C.R., BORGES, M.R.S., ENDO, M.Y., "Sisco-Rio: An Asynchronous System to Support Meeting Preparation", In: *Proceedings of CRIWG'97*, Madrid, Espanha, Outubro, 1997.
- [8] COCKBURN, A., URL: <http://members.aol.com/acockburn/papers/uctempla.htm>
- [9] DAFT, R., LENGEL, R., "Organizational Information Requirements Media Richness and Structural Design", *Management Science*, no. 5, Maio, 1986.
- [10] DIAS, M.S., *COPSE um Ambiente de Suporte ao Projeto Cooperativo de Software*, Dissertação de Tese de Mestrado, PESC-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.
- [11] FISCHER, G., "Domain-Oriented Design Environments", *Automated Software Engineering, The International Journal of Automated Reasoning and Artificial Intelligence in Software Engineering*, v. 1, n. 2, pp. 177-203, Junho, 1994.
- [12] FISCHER, G., "Seeding and Evolutionary Growth and Reseeding: Constructing and Evolving Knowledge in Domain-Oriented Design Environments", In: *Proceedings of the IFIP WG 8.1/13.2 Joint Working Conference, Domain Knowledge for Interactive System Design*, IFIP Series, Chapman & Hall (eds.), pp. 1-16, 1996.
- [13] GERALDINE, M., *Uma Ferramenta para Aquisição de Conhecimento*, Dissertação de Tese de Mestrado, PESC-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.
- [14] GOMAA, H., KERSCHBERG, L. et al., "A Knowledge-Based Software Engineering Environment for Reusable Software Requirements and Architectures", *Automated Software Engineering*, v. 3, pp. 285-307, 1996.
- [15] GREENBERG, S., "Personalizable Groupware: Accommodating Individual Roles and Group Differences", In: *Proceedings of 2nd ECSCW*, Setembro, 1991
- [16] JACOBSON, I., *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*, 1^a ed., Addison-Wesley, 1992.
- [17] LOWRY, M., PHILPOT, A. et al., "A Formal Approach to Domain-Oriented Software Design Environments", In: *Proceedings of the 9th Knowledge-Based Software Engineering Conference*, pp. 48-57, Monterey, California, USA, Setembro, 1994.
- [18] MACHADO, M.T., FLÁVIA, C.S., WERNER, C.M.L. et al., "Uma Ferramenta de Apoio à Aquisição Cooperativa de Conhecimento em Engenharia de Domínio", In: *Caderno de Ferramentas do XIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Florianópolis, Outubro, 1999.
- [19] PRIETO-DÍAZ, R., ARANGO, G., "Domain Analysis concepts and research directions", In: *Domain Analysis and Software System Modeling*, Prieto-Díaz, R., Arango, G. (eds.), IEEE Computer Society Press Tutorial, 1991.
- [20] REPENNING, A., SUMNER T., "Agentsheets: A Medium for Creating Domain-Oriented Visual Languages", *IEEE Computer*, v. 28, n. 3, pp. 17-25, Março, 1995.
- [21] ROSETI, M.Z., *Uma Proposta de Sistemática para Aquisição de Conhecimento no Contexto de Análise de Domínio*, Dissertação de Tese de Mestrado, PESC-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Novembro, 1998.
- [22] ROSETI, M.Z., MURTA, L.G.P., WERNER, C.M.L., "Uma ferramenta para Configuração do processo de Aquisição de Conhecimento no Contexto de Análise de Domínio", In: *Caderno de Ferramentas do XII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Maringá, Outubro, 1998.
- [23] SCHULER, D., NAMIOKA, A. (eds.), *Participatory Design: Principles and Practices*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1993
- [24] SCOTT, A.C., CLAYTON, J.E., GIBSON, E., *A Practical Guide to Knowledge Acquisition*, 1^a ed., Addison-Wesley, 1991.
- [25] WFMC, *Workflow Management Coalition*, URL: <http://www.wfmc.org>